短视频 HDR 调色画面色彩控制技术

谢　强
（枣阳市融媒体中心，湖北　枣阳　441200）

摘　要：本文将针对在短视频后期制作中 HDR 调色技术这一环节的控制问题进行研究。首先根据在短视频制作后期中 HDR 画面调色技术在控制中存在的问题为基础进行系统分析，并根据画面色彩控制情况提供改善方法。通过图像像素的映射关系计算 HDR 图像信息，进而完成 HDR 画面控制中图像的合成；其次通过调节画面色彩的方式，对 HDR 画面中的图像打消进行等比缩放；最终对整体画面的亮度及色彩的修整，进而确保视频中图像更清晰地呈现在观众视野中。

关键词：短视频；视频图像；HDR 色彩控制；控制技术　　**中图分类号：**TP391.41　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2022）05-129-04　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2022.05.040
本文著录格式：谢强．短视频 HDR 调色画面色彩控制技术 [J]. 中国传媒科技，2022（05）：129-132.

导语

人类的肉眼对空间中的亮光识别相对敏感，尤其在夜间。但在计算机系统中图像处理的 DHR 动态范围不会超过百分百，并且对于普通的摄像机来说，识别能力与人眼相比较弱，更容易在拍摄的过程中出现画面曝光率过高的现象。视频后期制作中需要结合 HDR 动态光照进行效果渲染，为实际情况下拍摄的画面进行细节化处理。在 HDR 画面中，可将图像亮度与现场真实的亮度以正比的原则进行调节，能够更好地表现画面中明暗区域。对于画面色彩较为丰富的后期制作，将结合 RGB 通道的合成进行调整。当下通常采取 HDR 映射算法完成色彩调和，但在控制的过程中 RGB 调色通道会对画面中的相邻色产生影响，进而对最终成像效果的真实度造成影响。[1] 本文将针对以上问题对短视频后期图像处理中的 HDR 调色控制技术展开研究。

1.HDR 视频技术概况

HDR 为高动态范围图像（High-Dynamic Range），与普通图像相比可为短视频后期制作中提供更多的动态范围及画面细节等功能，同时也可根据曝光时间差异中 LDR（Low -Dynamic Range）图像与相对应细节处理过的图像进行合成，最终能够在 HDR 图像中更真实地表现其真实效果。在亮度调整的过程中，物体明暗对比度的亮度差比值为 10：8，肉眼所见范围在 10：5 左右。电视机、摄像机等设备的亮度有 256 种，在拍摄时，可随着曝光的增多拍几张图像，随着曝光强度的变化导致图像的亮度也会跟着变亮，与此同时，图像中的暗处细节也会随之变亮。由此可见，若将拍摄的照片进行融合，那么就会出现比 256 更多的数量级情况。多种数量级的图像在电脑中保存后，显示器的分辨率要求就会增加，一般显示屏智能显示 256 个程度的亮度数量级，再以 256 个数字对 216 个数量级信息进行模拟，这也是 HDR 技术的一种——色调映射（Tone-Mapping）。[2] 这种技术能够有效地将图像展开压缩合成，最终以惊人的效果出现在屏幕中。

2. 短视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术要点

2.1　画面色彩调色原则

在短视频后期处理中应用 HDR 技术进行色彩调节控制，一般将技术原理与审美艺术相结合。[3] 技术原理是通过对色彩进行调节控制，从而弥补实际场景中镜头拍摄与现场之间的缺陷，最终达到视频画面质量的相应标准。但在实际拍摄中难免会受到周边环境、天气、时间等因素的影响，或在现场的拍摄中镜头顺序与拍摄内容出现不一致的情况。同时也难免不同机位的拍摄在光线与色温上出现很大的差异，这给后期短视频剪辑工作造成沉重的负担，既要考虑画面的流畅性，也要对镜头切换的处理进行严格处理。对拍摄画面进行色调修改，可快速处理光线与色彩平衡之间的关系，在调色过程中还需对视频画面的整体效果进行控制调节，以确保原始图像中细节处理的真实性 [4]，通过对局部的亮度、不同层次的色调采取等比修正的方式，能够有效提升视频画面的整体效果。

2.2　整体调色控制

在后期整体 HDR 调色控制中，应采取整体到局部的顺序进行调整控制。从整体画面中的明暗区域展开调节，为后期色彩校准稳打下基础。在对整体画面色彩进行调节控制不仅能够在一定程度中解决画面曝光度，从而达到稳定色彩平衡的作用，同时也能适度地调整，在色彩均衡基础上增添画面中的感情色彩。在 HDR 色彩调整中可将画面与拍摄者或拍摄主题的感情色彩相结合，在其原本效果中增加冷暖色调，以此达到色彩情绪的效果。

2.3　局部调色控制

在短视频后期处理中局部调色位于整体调节之后，指在 HDR 色彩调整中对整个画面的局部区域进行色彩控制。在控制前需对色彩变化的规律有一定的认知，才能

够保障后期色彩调节对短视频整体的内容不造成影响。在对画面进行局部调整时，需对画面进行规划，利用剪辑平台中的饱和度、对比度进行曲线调整，完成局部调色中规划区域的色彩控制工作。[5] 在当下众多图像修改平台中大多采取 HSL 色彩控制开关对图像色调进行调节，在现场实际拍摄会受局部光线变化的影响 [6]，在色彩调节控制中应采用更符合画面色感的控制开关，进而对明暗程度不同的区域进行调节。与此同时，在对画面中的具体区域进行色彩调控时，可采取多层色彩叠加的方式完成。通过多种方式对画面中的像素参数展开设置，能够更有效地完成画面局部色彩调控工作。

3. 视频后期制作中 HDR 画面色彩控制操作流程

3.1 HDR 调色画面图像合成

通过现场实验在拍摄实际的图像中可以发现，某些特殊场合的画面和现场实际的明暗对比图像像素间 [7]，具有非线性的映射关系。这种非线性映射关系需要摄像机满足相应的曲线，这些曲线需要进行设定，对 HDR 色调控制很重要。而通过相应的曲线设定，可以为后期画面成像应用 HDR 色调控制提供方便，从而完成对画面中各个像素点在对应通道的辐射值进行调整，这种调节公式为：

$$InE_i = \frac{\sum_{j=1}^{x} h(z)F(Z_{ij}) - In_{\Delta}t_j}{\sum_{j=1}^{x} h(z)}$$

此公式作为曲线函数，其中 InEi 是指色彩调控通道中的像素点在画面中的辐射数据；Zij 是指在短视频中第 j 个片段中第 i 个像素数值；▲ tj 指第 j 段视频中画面的曝光时间。图像在视频中所受的曝光程度不同，导致像素点在长时或短时的曝光中能够呈现不同的表现效果。为确保 HDR 色彩调控在画面中优化局部的像素点，需要将 X 视频较长的图像相结合，才能更好计算出像素调节参考值。因此针对三角型函数，得出辐射照度数值的计算公式：

$$InE_i = F(Z_{ij}) - In_{\Delta}t_j$$

此公式能够对短视频画面中的每个像素点计算出相对应的辐射照度数值，并且能够为 HDR 图像信息进行深度完善，有效完成图像的 HDR 色彩调控工作。

3.2 HDR 调色画面色调映射

目前大部分显示设备的 DHR 显示范围可达到百分百的比值，能够通过以上计算公式获取 HDR 调色工作台，却无法在摄影设备的显示屏中显示出。需要根据色彩映射的条件对 HDR 色彩调控范围展开等比压缩，使画面能够与对应的 DHR 色彩调控显示设备相联系。在压缩画面的范围时，应对实际场景中的对比度、明暗度、色相等特点进行修整，对整个画面的色彩映射采取下方公式：

$$D(E) = (D_{max} - D_{min}) \times \frac{\log(E+\tau)}{\log(E_{max}+\tau)}$$

此公式中采取 HDR 色彩调控的方式对画面的色彩识别度进行压缩，其中 D（E）代指经 HDR 色彩调控压缩后画面的灰度数值；Dmax 代指灰度最大数值；Dmin 代指灰度最小数值；Emax 代指现场实际光照最大值；代指色差偏移数值。在一般情况中，可通过手动进行调节的偏移值进行反复验证。所以需要在调控中节省时间才能降低手动调节产生的误差，同时也需要结合计算公式对其偏移的误差展开自动控制。HDR 色彩调节中 RGB 通道曲线的变化由下图 1 所示。

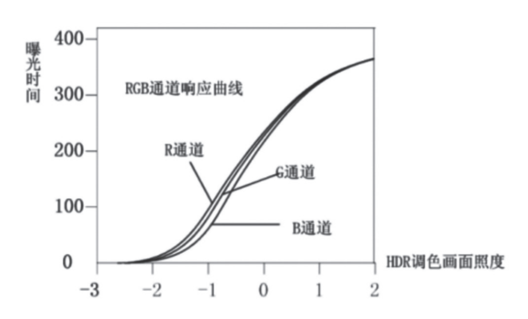


图 1　HDR 调色画面 RGB 三通道响应曲线

图 1 中针对 RGB 通道中三原色的对照曲线可获取到现场明暗度的平均数值，但也避免不了场景对比值出现 0 的状况。由此可见，在对数值进行精准计算或许无效，但为了避免以上问题的发生，可选择最精准地偏移数值进行调节，完成 HDR 色彩控制映射工作。

3.3 HDR 调色画面亮度与色彩补偿控制

在 HDR 色彩调控的实际过程中，对于单个像素及周围像素的色相造成影响。在实际调控中应及时进行修整，需按照以下几点要求展开：第一，在视频图像的色度控制完成后依旧会存在色彩偏差的问题，并不止画面中一段或一部分的色彩上，导致当画面出现色彩偏差的现象时，整段视频的色彩都会受到影响，所以需要从整体出发进而展开调整。第二，利用视频编辑平台的功能对视频后期进行画面色彩调整时，需结合中度灰色展开工作，中度灰色能够有效弥补色彩偏差的问题。第三，在选择相应的中度灰色时，画面的色彩调控需时刻把握住色彩的感知。图像中各个像素的色相在发生改变的同时也会对肉眼识别灰度的感受发生变化 [8]，所以需利用滴管工具对画面中颜色的色值进行精准读取，最终完善画面中像素色彩的修整工作。

4.HDR 技术控制

获取 HDR 视频的方法主要有如下两种：一种为 HDR 传感器，第二种则是将 LDR 传感器放置在曝光水平超高的位置，通过公式对曝光图像进行调整最后合成 HDR 图像。第二种超曝光水平技术有三种方式。一种是根据时间的变化，使每一帧动画在捕捉场景中图像时，使图像的曝光率在每一瞬间都有不同的变化。第二种是

指传感器在空间中对光的敏感度受到影响，导致图像中受光不均匀而影响到画面中像素色彩偏差较大的现象。第三种则是将光线分割到多个传感器中，使每个传感器都有相对应的曝光参数。

4.1 时间曝光变化

通过传感器捕捉 HDR 在曝光变化中的规律是最直接的方式。虽然在拍摄时受现场光线覆盖范围的限制，但依然可以通过调整曝光参数对画面效果进行优化，进而获得整个场景的范围。如图 2 所示，3 张图片的曝光时间分别为持续曝光帧在 1t、2t、3t 中不同亮度中的范围，结合 HDR 帧对整个场景的明暗范围，这样捕捉到的曝光帧与相机自动识别后对曝光进行适应化，接着将像素平均值进行结合成 HDR 帧。而快速拍照的相机可以满足随着曝光时间的变化捕捉不同曝光帧数量。例如一台 200 赫兹的相机可满足 25 帧每秒的视频成像，每帧可捕捉到 8 种不同曝光度，并能提供 140 分贝左右的动态范围。

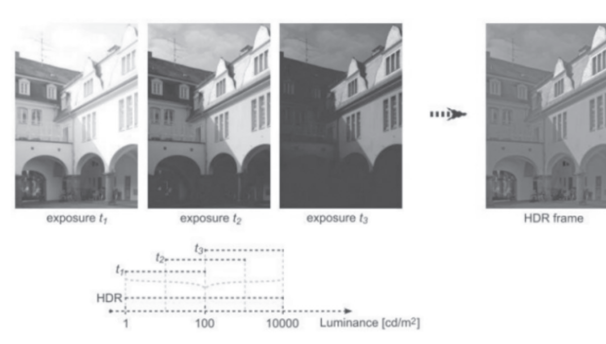


图 2　3 种时间变化下的曝光与 HDR 融合帧

4.2 空间曝光变化

空间曝光往往通过多像素的密度掩膜来实现。Nayar 与 Mitsunaga 提出 4 种曝光模式下的掩膜，如图 3 所示，以标准图像传感器对同一画面进行单次曝光，按从左至右的顺序进行捕捉，最后通过掩膜捕捉图像。对每个像素的明暗光线采取不同标准的掩膜，直接放置在传感器成像元件间的透镜中，从图 3 可确定未通过掩膜捕获的图像在整个场景中也只会捕获到部分范围，而经过掩膜成像的画面能够在聚合或插值中获取完整的范围成像。聚合措施是从图像中的局部范围展开调节，对局部区域的光感进行大范围光度捕捉，所以成像中会出现多个区域的曝光，进而经过多个曝光融合技术生成 HDR 像素，但对于图像的清晰度不可保证，因此，为了保证维持原始的分辨率，HDR



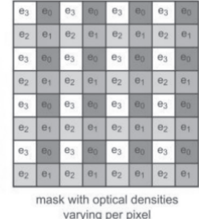




图 3　Nayar 和 Mitsunaga 提出的掩膜

像素可通过 bayer 平台中颜色模式对色相相邻的像素吸取，但在亮度级别中容易出现混淆的伪影。

利用掩膜的手段能够有效地获取 HDR 图像范围中可拾取到的多种光密像素，如图 3 能够获取 85 分贝的像素范围。为降低空间曝光率也可采取另一种方式，一种由多个光敏元件组成的传感器像素，这种方式能够提升 HDR 模式的动态范围。

4.3 分束器与多传感器

分束器能够将来自镜头的光源传播到众多成像感应器中，进而可以获得视频中每一帧的曝光图像，然后结合曝光融合技术获取清晰度更高的 HDR 视频画面。从理论上看来此方法可以捕获到有质感，且没有明显运动帧的晃动图像。但在现场的实际拍摄中，是否能够有效录制到分辨率高的动态图像取决于传感器数量，为了扩宽活动范围需要更多的资金支持。除此之外，传感器在分割光束中灵敏度比普通传感器更优秀。一方面，单帧的 DHR 视频生成技术与多帧 HDR 视频生成技术相比，单帧的计算过程比多帧 HDR 视频计算更容易，从细节捕捉方面看来，多帧的曝光捕获范围更为广泛。单帧技术生成图像质量落后于多帧技术，而多帧技术在活动拍摄时容易出现伪影现象，导致后期生成 HDR 图像质量效果偏弱。另一方面，两种技术在拍摄时容易出现闪烁，单帧技术在拍摄中未对每一个画面的亮度和时间产生进行严格控制，导致每一帧画面之间的画面曝光差距甚远。

4.4 颜色校正

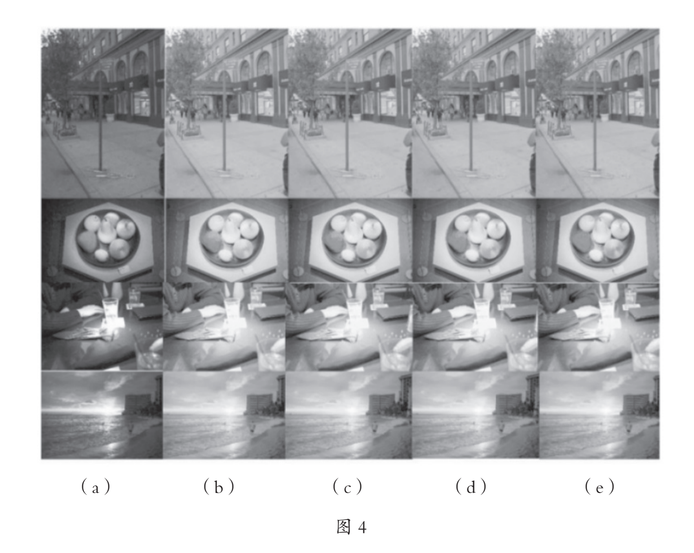
通过上述技术不仅改善了成像的曝光率，也获取了更丰富的 RGB 色彩空间，在一定程度上减少了图像过度饱和的现象发生，为获取更有表现力的色彩，将采取颜色矫正函数：

$$C_{HDR}=((\frac{C_{LDR}}{S}-1)a+1)S'$$

公式中 CHDR 是指代指图像通过 RGB 颜色空间的色彩通道进行矫正后得到的数值；CLDR 代指原成像在 RGB 色彩范围中颜色通道的数值；S 代指原图的亮度；s' 指图像亮度提升后的合成亮度；a 在实验中参数设置为 1.25。在色彩函数纠正中 a 数值的变化生成 HDR 图像由图 4 所示。

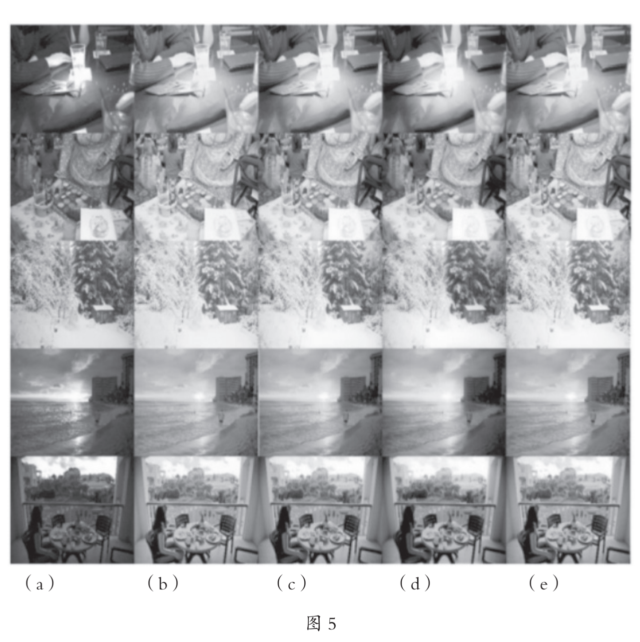
通过函数计算中 a 的取值不同，画面呈现的曝光率也会随之变化，在图 4 中，可从第二拍照片中红色苹果的变化观察 a 的取值，当 a ＞ 1 时，曝光率随着 a 增加，进而导致画面中的局部细节成像高亮，同时画面中的色彩对比度也随着曝光等比增值，此时 a 的数值被设置为 1.25。

在图 5 中，则从原图的色彩基础层次中进行叠加。（a）表示图像输入；（b）表示系数为 0.5 时的效果图；（c）表示系数为 1.5 时的效果图；（d）表示系数为 3 时的效果图；（e）为不同程度呈现的效果图。



（a） （b） （c） （d） （e）

图 4



（a） （b） （c） （d） （e）

图 5

此图中通过颜色通道进行矫正的系数，对 HDR 进行输出的效果图。图中 a 列为原图，b 列为矫正系数为 1 的效果图，c 列为纠正系数为 1.25 的效果图，d 列为纠正系数为 1.5 的效果图，e 列为纠正系数为 2 的效果图。

结语

总而言之，文章对短视频后期剪辑制作工作中 HDR 色彩调节控制方面进行了研究，并在传统控制技术的基础上革新，通过论证、创新与技术升级，证明技术具有较高的可行性，在视频画面的清晰度中得到了质的提升，同时也带给观众更舒适的体验感。为视频后期制作中 HDR 色彩调节控制技术提供了有效的参考数据。媒

参考文献

[1] 李霆 . 浅析 4K HDR 技术的实现方法——以广东卫视 2019 春晚为例 [J]. 技术与市场，2020（1）：84-86.

[2] 俞宏伟 .HDR 多帧合成技术在影视拍摄和画面制作中的应用 [J]. 科技传播，2019（15）：104-105.

[3] 蔡一旻 .HDR 多帧合成技术在影视拍摄和制作中的应用研究 [J]. 传播力研究，2019（17）：5-6.

[4] 刘峰，吴洪兴 . 数字影视后期制作 [M]. 北京：中国广播影视出版社，2020：428.

[5] 孙龙 . 视频后期制作中 HDR 调色画面色彩控制技术 [J]. 中国传媒科技，2021（2）：114-116.

[6] 刘何雁 . 论影视技术对纪录片的双重作用 [D]. 南京：南京艺术学院，2019.

[7] 谢斌 . 基于特征保持的彩色图像增强研究 [D]. 深圳：深圳大学，2020.

[8] 邵筱棠，张丁心，张永生 . 数字影像制作的技术与艺术 [M]. 南京：南京大学出版社：“企业新闻与传播”系列教材，2018（12）：178.

作者简介：谢强（1982-），男，湖北枣阳，本科，枣阳市融媒体中心副总编辑，研究方向：广播电视工程。

（责任编辑：张晓婧）